Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Über die durch Wundreiz bewirkten Bewegungserscheinungen des Zellkernes und des Protoplasmas

von

Dr. **A. Nestler.**

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. deutschen Universität in Prag.

(Mit 1 Tafel.)

(Mit Unterstützung der Gesellschaft zur Förderung deutscher Wissenschaft, Literatur und Kunst in Böhmen.)

I.

Nachdem Tangl durch seine fundamentalen Untersuchungen über die Plasmaverbindungen der Endospermzellen von *Strychnos nux vomica* und anderer Zellen zuerst den wichtigen Nachweis geliefert hatte, dass die Zellen der Gewebeverbände wahrscheinlich der meisten Pflanzen nicht streng getrennte Individuen sind, stellte er sich die Frage, welchen Einfluss die durch einen mechanischen Eingriff bewirkte Störung jenes Zusammenhanges auf den lebenden Inhalt der der Wunde zunächst liegenden, intacten Zellen hervorrufe. Sind diese Veränderungen scharf hervortretend, so kann mit einer gewissen, logisch nothwendigen Reserve durch Hervorrufung dieser Erscheinungen in allen jenen Fällen auf einen Zusammenhang des lebenden Zellinhaltes geschlossen werden, wo ein solcher Zusammenhang durch Anwendung anderer Mittel nicht oder nur schwer nachweisbar ist, vorausgesetzt, dass Plasmaverbindungen und die Folgeerscheinungen einer Verwundung lebender Zellen in einem causalen Zusammenhange stehen.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

In den letzten Jahren wurden nun verschiedene Methoden zum Nachweis der Plasmaverbindungen — verschiedene Fixirungs- und Färbemittel, je nach der Art der Pflanzen und des Gewebes — ausfindig gemacht[1] und das Vorhandensein feiner plasmatischer Fäden von Zelle zu Zelle als ein allgemeines bezeichnet. Die Erscheinungen bei Vernichtung dieses Zusammenhanges lebender Zellen wurden nicht weiter verfolgt, obwohl dieselben von hohem physiologischen Interesse sind; das kann von vornherein daraus geschlossen werden, dass Zellkern und Protoplasma in Folge jenes Einflusses vorübergehend oder dauernd eine ganz andere Lagerung aufweisen, als in normalen Zellen, und dass wahrscheinlich auch die qualitativen Eigenschaften derselben sich ändern; ferner wird man sofort daran denken müssen, dass Verwundungen von Pflanzentheilen sehr oft vorkommen, somit auch jene Veränderungen im lebenden Theile der die Wunde begrenzenden, intacten Zellen, die Allgemeinheit derselben vorläufig vorausgesetzt, häufig stattfinden und möglicherweise in einem gewissen Zusammenhange mit der Wundkorkbildung stehen.

Die diesbezüglichen Untersuchungen Tangl's[2] beschränken sich auf die Epidermiszellen der Zwiebelschuppe von *Allium Cepa* L. Mittelst eines scharfen Messers wurden Median- und Querschnitte angebracht und nach bestimmten Zeitabschnitten untersucht. Es zeigte sich, dass in den der Schnittlinie benachbarten intacten Zellen eine vollständige Umlagerung des Protoplasmas und der Zellkerne stattgefunden hatte: dieselben lagen mehr weniger jener Zellwand an, welche der Schnittlinie zugekehrt war; das Fortrücken der Zellkerne war am häufigsten an einer der Seitenwände, seltener auf der Aussenwand oder in der Mitte erfolgt. Solche Umlagerungen im Protoplasma, respective der Kerne, die eine bestimmte Orientirung zur Lage der Wundfläche erkennen lassen, bezeichnet Tangl als traumatrope. Diese Umlagerung in den Epidermiszellen der Zwiebelschuppe von *Allium Cepa* zeigt

[1] A. Meyer, Über die Methoden zur Nachweisung der Plasmaverbindungen. Berichte der deutschen bot. Ges., 1897, H. 3.

[2] Zur Lehre von der Continuität des Protoplasmas im Pflanzengewebe. Diese Sitzungsberichte, Bd. 89, I. Abth.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

sich bereits nach 12—15 Stunden, von der Anbringung der Wunde an gerechnet, und erstreckt sich bis in die zweite, bisweilen sogar bis in die dritte intacte Zellreihe. Nach drei Tagen kehren bei Querschnitten die Kerne in ihre normale Lage zurück, und nur die Plasmamassen bleiben noch in der veränderten Lage; nach 5—7 Tagen sind keine Anzeichen einer stattgefundenen Veränderung mehr bemerkbar; bei medianen Schnitten bleibt die Umlagerung wahrscheinlich immer. »Durch diese Versuche wurde eine positive Grundlage eines directen Zusammenhanges der Protoplasmakörper der genannten Epidermiszellen geschaffen.«[1]

Daran knüpfen sich von selbst eine Anzahl von Fragen, welche ich in den folgenden Resultaten einer Reihe von Untersuchungen zu beantworten versuchte. Es war zunächst nothwendig, diese von Tangl nur für die Epidermiszellen von *Allium Cepa* aufgestellten Gesetze der traumatropen Umlagerung auf eine Anzahl von Pflanzen, und zwar auf verschiedene Organe derselben unter bestimmten Bedingungen auszudehnen, um zu ermitteln, welche Erscheinungen allgemein sind, durch welche Umstände eine Verlangsamung oder Beschleunigung derselben erzielt werde, auf welche Distanz sich die Wirkung der Wunde erstrecke und in welcher Zeit Umlagerung und Rückwanderung, falls eine solche vorhanden, stattfindet. Eine besondere Berücksichtigung musste der Frage zugewendet werden, ob die traumatrope Umlagerung nur passiv vor sich gehe, d. h. als eine Folge des durch die Wunde veranlassten Austrittes eines Theiles des flüssigen Protoplasmas angesehen werden müsse, oder ob dieselbe durch den bewirkten Reiz activ vor sich gehe und als eine besondere Lebenserscheinung des Protoplasten aufzufassen sei. Auch wäre es denkbar, dass die Schwerkraft, welche eine bestimmte Orientirung von Stärke und Krystallen[2] zu veranlassen vermag, auf jene Erscheinung einen merklichen Einfluss ausübe, der, je nach der Lage der Gewebe eine Förderung oder Retardirung,

[1] Tangl, l. c., S. 29.

[2] Nach Beobachtungen des Herrn Prof. Dr. H. Molisch (mündliche Mittheilung) wird die Lagerung vieler, namentlich sehr kleiner Krystalle von der Schwerkraft beeinflusst.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

vielleicht sogar eine vollständige Verhinderung derselben bewirke. Mit der Umlagerung des Zellkernes sind bisweilen auffallende Veränderungen in der Grösse desselben verbunden, welche wahrscheinlich darauf zurückzuführen sind, dass der Zellkern bei vollständiger Umlagerung in einer dichten Plasmamasse liegt, daher in diesem Falle der Stoffverkehr ein anderer sein dürfte als in normaler Lagerung desselben, wo in den untersuchten Fällen nur einzelne Plasmafäden denselben mit dem wandständigen Plasma verbinden.

Die Methode der Untersuchung über traumatrope Umlagerungen ist im Allgemeinen eine sehr einfache. Was die Objecte selbst anbelangt, so eignen sich, wie leicht einzusehen ist, solche Gewebe am besten, deren Zellen einen leicht auffindbaren, deutlichen Zellkern besitzen, welcher durch anderen Zellinhalt wenig oder gar nicht bedeckt ist: auch die Grösse der Zellen muss berücksichtigt werden: je grösser die Zellen sind, desto leichter werden Veränderungen in der Lage des Protoplasten auch noch in von der Wunde entfernter liegenden Zellen wahrgenommen werden, vorausgesetzt, dass die Lage von Kern und Plasma in den normalen, nicht gereizten Zellen keine grossen Differenzen aufweist. Bei relativ kleinen Zellen wird man überhaupt eine Umlagerung vermissen; dass die Schliesszellen der Spaltöffnungen, die bekanntlich ebenfalls mit den angrenzenden Zellen durch Plasmafäden in Verbindung stehen,[1] niemals eine Lagerungsveränderung der Protoplasten bei bewirktem Wundreiz erkennen lassen, dürfte nur auf die geringe Grösse derselben zurückzuführen sein. Eine grössere Anzahl von monocotylen Pflanzen, darunter besonders *Tradescantia zebrina* (hort.) und *viridis* (hort.), besitzt die für diese Untersuchungen gewünschten Eigenschaften. Bei diesen Pflanzen ist jedoch auf folgenden Umstand hinzuweisen: hat man mittelst eines Messers oder einer Nadel am Blatte oder Stengel eine Wunde angebracht, so bemerkt man bei späterer Beobachtung, dass nicht allein die Wundstelle, sondern auch mehr weniger die angrenzenden Epidermiszellen mit einer

[1] F. G. Kohl, »Die Protoplasmaverbindungen der Spaltöffnungsschliesszellen und der Moosblattzellen«. Bot. Centr., Bd. LXXII., Nr. 8.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

grossen Menge von Krystallnadeln und krystallinischen Massen von oft bedeutenden Dimensionen bedeckt sind, welche die Beobachtung sehr stören, daher durch eine schwache Salzsäure nach Fixirung des Zellinhaltes entfernt werden müssen. In den meisten Fällen wird man die an irgend einem Pflanzenorgan angebrachte Verletzung selbst nach Tagen wieder erkennen, um die weitere Untersuchung vorzunehmen. Es ist jedoch einfacher und bei sehr kleinen, nur eine oder wenige Zellen verletzenden Wunden sogar nothwendig, die betreffende Stelle durch eine Tuschmarke zu bezeichnen, da dieselbe sonst makroskopisch nicht wieder aufgefunden werden könnte.

Bei *Agapanthus umbellatus* verschliesst der austretende Schleim die Wunde in kurzer Zeit so vollständig, dass dieselbe nicht mehr sichtbar ist; auch hier ist eine Markirung unbedingt nothwendig.

Nur in den seltensten Fällen wurden zu den Versuchen abgeschnittene Pflanzentheile verwendet, welche in Wasser standen und in einem feuchten Raume untergebracht waren. Es genügt aber auch, ein Blatt oder einen Stengeltheil in eine mit feuchtem Fliesspapier ausgekleidete Glasdose zu legen und so gegen rasche Verdunstung zu schützen. Gewöhnlich bediente ich mich vollständig intacter Pflanzen, bei welchen an Blättern, Stengeln, vereinzelt auch an jungen Wurzeln Verwundungen in bestimmter Weise vorgenommen wurden. Es ist nothwendig, dass die Wunde möglichst scharf umschrieben sei, um die Veränderungen in den benachbarten Zellen, insbesondere die Wirkung des Reizes auf entferntere Zellen in gleichmässiger Weise beurtheilen zu können.

Ich bediente mich daher zunächst in analoger Weise wie Tangl eines scharfen feinen Messers, das normal zur Fläche des betreffenden Organs geführt wurde, und zwar entweder parallel oder normal zur Axe desselben. Ausserdem benützte ich sehr feine Glasnadeln, mittelst welcher im günstigen Falle nur eine einzige Zelle verletzt wurde; hier konnte die Einwirkung des Wundreizes auf die benachbarten Zellen in sehr schöner Weise beobachtet werden.

Um das Herausfliessen des Zellinhaltes der verletzten Zellen möglichst zu verhindern und so einen eventuellen

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Einfluss dieser passiven Bewegung auf den Inhalt der die Wunde begrenzenden Zellen zu beseitigen, wurden verschiedene Methoden angewendet: Entweder wurde die Wundstelle sofort mittelst dickflüssigen Gummi arabi verschlossen, oder ich bediente mich kleiner, sehr feiner Glasnadeln, welche in der Wunde stecken gelassen und erst nach Fixirung des Zellinhaltes entfernt wurden, um die weitere mikroskopische Untersuchung vornehmen zu können.

Die Zerreissung von Zellmembranen kann bei Brandwunden vollständig umgangen werden: erhitzte Metallnadeln, welche einen Moment mit dem betreffenden Gewebe in Berührung gebracht wurden, eignen sich deshalb nicht gut zu diesem Zwecke, weil die verletzte Stelle nicht genügend scharf umschrieben erscheint. Weit besser war der Erfolg bei Anwendung eines Brennglases, das an einem Stativ leicht beweglich angebracht war. Das Blatt von *Tradescantia zebrina*, das zu diesen Versuchen ausschliesslich verwendet wurde, wurde zuerst, ohne es von der intacten Pflanze zu trennen, in einer solchen Lage fixirt, dass die Sonnenstrahlen normal zur Fläche desselben auffielen; hierauf wurde die Biconvexlinse, deren Focalabstand früher ermittelt worden war, für 1—2 Secunden durch Drehung an dem entsprechend aufgestellten Stativ in die nothwendige Lage gebracht. Blatt wie Linse müssen im Momente des Versuches in möglichst ruhiger Lage sich befinden, da begreiflicherweise die geringste Verschiebung derselben eine sehr unregelmässige Brandwunde hervorruft. Im günstigsten Falle entsteht eine Verletzung, welche später auf der Epidermis als kreisrunder hellbrauner Fleck erscheint.

Die weitere Untersuchung der verletzten Stellen nach gewissen Zeitabschnitten ist eine sehr einfache: die betreffenden Gewebetheile wurden öfters sofort ohne weitere Veränderung untersucht. Dabei zeigte es sich, dass selbst die unmittelbar an die Wunde grenzenden intacten Zellen selbst nach vielen Tagen noch am Leben waren. Gewöhnlich wurden die verletzten Organe oder die betreffenden Stücke derselben behufs Fixirung des Zellinhaltes in Alkohol, Platinchlorid oder in ein anderes Mittel gebracht, worauf die nothwendigen Schnitte vorgenommen wurden. In vielen Fällen war es zweckmässig, eine

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Ausfärbung der Kerne vorzunehmen, um leicht eine Übersicht über die Umlagerung derselben zu erhalten.

Um zu erfahren, wie weit die Wirkung des Wundreizes sich erstreckt, wurde das Ocularmikrometer angewendet: nach Eintritt des vorher ermittelten Maximums der Reizwirkung wurde die Entfernung von jener Zelle (inclusive), in welcher noch eine Umlagerung sichtbar war, bis zur ersten, die Wunde begrenzenden intacten Zelle (inclusive) gemessen.

II.

Um nicht durch einzelne Wiederholungen bei der Schilderung der durchgeführten Versuche zu ermüden, will ich aus der grossen Anzahl der von mir vorgenommenen Untersuchungen bei Monocotylen, Dicotylen und einigen Algen nur jene Fälle hervorheben, welche von principieller Bedeutung sind oder ein besonderes Interesse beanspruchen. Da nicht an ein und derselben Wunde, nicht einmal an ein und demselben Pflanzenorgan alle sich ergebenden Veränderungen beobachtet werden können, so kann es vorkommen, dass bezüglich der Zeit, in welcher gewisse Veränderungen in der Lage von Zellkern und Zellplasma vorkommen, bisweilen einige Differenzen zu constatiren sind. Das ist wohl begreiflich, wenn man bedenkt, dass die Wunden niemals ganz gleich sein können, ferner dass hiebei auch eine gewisse Individualität der verwendeten Pflanzenorgane sich bemerkbar machen wird. Das Gesammtresultat ist stets bei ein und derselben Pflanze und dem nämlichen Organ derselben unter sonst gleichen Bedingungen dasselbe.

Hemerocallis fulva L.

1. Ganze Pflanze im Topfe unter einer Glasglocke in etwas feuchter Luft. Schnittwunde normal zur Fläche und zur Längsaxe des Blattes.

Nach 6 Stunden: In der ersten intacten Reihe der Epidermiszellen starke Plasmaansammlung an der der Schnittlinie zugekehrten Querwand; auch der Zellkern hat bereits seine

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

normale Stellung ungefähr in der Mitte der langgestreckten Zellen verlassen und ist etwa gegen die Schnittlinie hin vorgerückt; bisweilen liegt er der Plasmaansammlung bereits an oder etwas weiter rückwärts an einer der Seitenwände. Die Zellkerne in der ersten intacten Zellreihe sind etwas grösser als die normal gelagerten in den entfernt von der Schnittlinie sich befindlichen Zellen; die der Wunde abgekehrte Seite der in Umlagerung befindlichen Zellkerne ist scharf contourirt. In der zweiten Zellreihe beginnt eben die Plasmawanderung.

Nach 7 Stunden 30 Minuten: In der ersten intacten Zellreihe durchwegs Plasmaanhäufung an der der Schnittlinie zunächst liegenden Querwand; der Zellkern liegt entweder vollständig in derselben oder in der Nähe; in der zweiten Zellreihe schwache Plasmaansammlung.

Nach 20 Stunden: Vollständige Umlagerung von Zellkern und Protoplasma in der ersten Zellreihe; dasselbe Bild zum Theil auch in der zweiten Reihe; in der dritten Reihe Umlagerung des Protoplasmas, der Zellkern ist theilweise gegen die Wunde hin vorgerückt; die vierte Zellreihe vollständig normal.

Nach 30 Stunden: Die Umlagerung erstreckt sich bis in die vierte Zellreihe und ist nicht allein in den langgestreckten Epidermiszellen, sondern auch in den darunter liegenden quer gelagerten Mesophyllzellen deutlich erkennbar.

Nach 3 Tagen: Nur in der ersten Reihe noch theilweise Umlagerung vorhanden, daher ist in den übrigen Zellen bereits die Rückwanderung erfolgt.

Nach 4 und 6 Tagen: Keine weitere Veränderung; die Umlagerung scheint in einigen Zellen der ersten Reihe bleibend zu sein. Dieselben sind nicht abgestorben, wie die eingeleitete Plasmolyse beweist.

2. Ein ganz kleiner Tropfen concentrirte H_2SO_4 wurde auf ein Blatt gebracht und nach Einwirkung von wenigen Secunden wieder abgetupft. Nach 24 Stunden war vollständige Umlagerung in der ersten, theilweise auch in der zweiten und dritten intacten Zellreihe der Epidermiszellen und der Mesophyllzellen eingetreten.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Tradescantia zebrina (hort.).

Intacte Pflanze im Topf unter einer Glasglocke in mässig feuchter Luft. Stichwunden auf der Blattoberseite mittelst einer sehr feinen Glasnadel.

Nach 8 Stunden: In der ersten Zellreihe, theilweise auch in der zweiten vollständige Umlagerung.

Nach 18 Stunden: Vollständige Umlagerung bis in die dritte, theilweise bis in die vierte Reihe sich erstreckend (Fig. 8)

Nach 44 Stunden: Die Umlagerung ist bis in die fünfte Zellreihe erkennbar; auch die Leucoplasten sind mitgewandert.

Nach 3 Tagen: Vollständige Umlagerung, zum Theil bis in die fünfte Zellreihe.

Nach 4 Tagen: Erste intacte Zellreihe: in 6 Zellen eine vollkommene Umlagerung, in 2 Zellen zeigt der Zellkern bereits eine Rückwanderung; zweite intacte Zellreihe: der Zellkern liegt etwas entfernt von der der Wunde zugekehrten Zellwand, Protoplasma noch in Umlagerung. Viele Kerne zeigen den Beginn der Kerntheilung. Dritte Zellreihe wie die vorhergehende, die vierte Zellreihe normal..

Nach 5 Tagen: Kein auffallender Unterschied zu der letzten Beobachtung.

Nach 7 Tagen: In der ersten, theilweise noch in der zweiten Zellreihe Umlagerung vorhanden. Alle Zellen mit umgelagertem Zellkern zeigen bei Anwendung von 10% Chlornatriumlösung die Plasmolyse, sind also lebend.

Nach 8 Tagen: Erste Reihe mit theilweiser Umlagerung, zweite Reihe keine Umlagerung erkennbar.

Nach 9 Tagen: In der ersten Reihe theilweise, in der zweiten Reihe keine Umlagerung mehr vorhanden.

Nach 11 Tagen: In einigen Zellen der ersten Zellreihe ist eine neue Zellmembran vorhanden, welcher 2 Zellkerne anliegen, und zwar je einer an einer Seite derselben; bisweilen liegen die Zellkerne genau einander gegenüber; in anderen Zellen ist der Zellkern noch in der Umlagerung, ebenso das Protoplasma.

Nach 16 Tagen: In 9 Zellen der ersten Reihe noch vollständige Umlagerung des Zellkernes und des Protoplasmas; in

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

3 Zellen ein Zellkern überhaupt nicht sichtbar; einige jener 9 Zellen zeigen bereits Neubildungen von Zellen, wobei entweder nur in der einen oder in beiden Tochterzellen je ein Zellkern sichtbar ist. In einer Zelle ist die Kerntheilung eben vor sich gegangen. Wo nur ein Zellkern in der Zelle liegt, da ist derselbe grösser als in den weiter entfernt von der Wunde liegenden Zellen. In einer Zelle der ersten Reihe liegt der Nucleus normal in der Mitte; in einer anderen Zelle ist eine neue Zellmembran aufgetreten, aber nur in der der Wunde zugekehrten Tochterzelle ein Nucleus nachweisbar.

Nach 17 Tagen: Die Verhältnisse ähnlich wie bei der letzten Beobachtung; fast in allen Zellen der ersten Reihe neue Scheidewände, seltener in der zweiten Reihe (Fig. 3); in diesem Falle ist die vor ihr liegende Zelle der ersten Reihe ohne neue Zellmembran. Lagerung der Zellkerne in den Zellen mit neuer Zellmembran verschieden: *a)* der gewöhnlichste Fall: beide Zellen mit Zellkern; dieser liegt in beiden Zellen an der der Wunde zugekehrten Membran; *b)* die vordere Zelle hat einen Kern in Umlagerung, die rückwärtige Zelle 2 Kerne, von denen einer in Umlagerung sich befindet; *c)* die Kerne in beiden Zellen in normaler Lage.

Bei anderen Zellen der ersten Reihe liegt der Zellkern noch in vollständiger Umlagerung, eine neue Zellmembran hat sich nicht gebildet.

2. Brandwunde mittelst einer Biconvexlinse hergestellt. Nach 48 Stunden zeigen die intacten Zellen im Umkreise der kreisförmig erscheinenden Wundstelle auf der Blattoberseite die vollständige oder theilweise Umlagerung von Zellkern und Protoplasma bis in die dritte Zellreihe; nach 4 Tagen ist die Umlagerung noch sehr deutlich ausgeprägt; nach 7 Tagen war die Rückwanderung, mit Ausnahme in der ersten intacten Reihe, erfolgt. Kleine Krystalle in den Zellen zeigen nicht nur keine Annäherung an die Wunde, sondern liegen sogar öfter an der der Verletzung abgekehrten Seite der Zelle. Die todten Zellen der Brandwunde haben den Zellkern stets mehr weniger in der Mitte.

3. Schnitt normal zur Blattfläche. *a)* Bei diffusem, zeitweise directem Sonnenlichte: Nach 5 Stunden bis

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

zur dritten Zellreihe (inclusive) ganze oder theilweise Umlagerung bemerkbar. Von den Zellkernen in der Nähe der Schnittlinie geht öfters ein Plasmafaden aus, welcher zu einem Zellkern der benachbarten rückwärtigen Zelle führt (Fig. 2). Nach 23 Stunden: Vollständige Umlagerung bis in die vierte Zellreihe; Plasmaverbindungen der Kerne wie früher. *b)* In vollständiger Dunkelheit: Nach 5 Stunden Umlagerung nur in der ersten Reihe; nach 23 Stunden theilweise auch in der zweiten Reihe.

Tradescantia viridis (hort.).

Ganze Pflanze im Topf unter der Glasglocke in mässig feuchter Luft; Schnitt normal zur Axe eines jungen Stengelinternodiums.

Nach 4 Tagen: Umlagerung in den langgestreckten Epidermiszellen bis in die dritte Reihe. Der Zellkern zeigt stets an der der Schnittlinie abgewendeten Seite eine scharfe, stärker hervortretende Contour, während die der Schnittlinie zugekehrte Seite, welche in der Plasmaansammlung liegt, ganz undeutlich ist. Es scheint, dass auch der Nucleolus eine bestimmte Orientirung erfahren hat: er ist mit wenigen Ausnahmen von der Schnittlinie abgewendet (Fig. 1). Die Zellkerne in der Nähe der Schnittlinie grösser als die normal gelagerten.

Calla sp.

Ganze Pflanze. Schnitt normal zur Fläche und Axe eines jungen Blattstieles.

Nach 48 Stunden: Umlagerung bis in die dritte Zellreihe. Die gegen das Zelllumen hin scharf abgegrenzte Contour des umgelagerten Protoplasmas erweckt den Schein einer neuen Zellmembran; diese tritt erst nach 8 Tagen auf und schneidet ein kleines, gegen die Wunde zu liegendes Stück der langen Zelle ab; die der Schnittlinie zugekehrte Membran derselben ist stark gewölbt und verdickt. Noch nach 23 Tagen bemerkt man vollständige oder theilweise Umlagerung in der ersten und zweiten Zellreihe. Dieselbe scheint somit in diesen Zellen bleibend zu sein.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Als Versuchsobjecte dienten ferner:

Dichorisandra discolor Lind.: Epidermiszellen des Blattes, totale Umlagerung in der ersten Zellreihe in 48 Stunden; *Fritillaria imperialis* L.: Epidermis der Blattunterseite, Umlagerung in 41 Stunden, vollständige Rückwanderung nach 5 Tagen; *Convallaria majalis* L.; *Allium Cepa* L.; *Agapanthus umbellatus* L'Her.; *Funkia* sp.; *Hyazinthus* sp., Wurzel, Zellen der Epidermis und des Grundgewebes; *Hartwegia comosa*, Stengel und Blatt; *Lilium Martagon* L., in der ersten Zellreihe scheint die Umlagerung bleibend zu sein; *Helianthus annuus* L., junge Pflanze, Stengel; *Ranunculus ficaria* L., Knollen, Zellen unterhalb des Periderms; *Ranunculus auricomus* L., Stengel; *Phaseolus multiflorus* (Willd.) L., Stengel.

Die betreffenden Organe wurden stets an den intacten Pflanzen in verschiedener Weise verwundet.

Von Algen wurden untersucht:

Polysiphonia urceolata Grew.

Der Thallus dieser schönen Floridee ist vierröhrig, unberindet. An einem vollständig intacten Exemplar wurden einige feine Thalluszweige unter Meerwasser abgeschnitten. Bereits nach 19 Stunden war die totale Umlagerung in den durchschnittlich 0·46 *mm* langen Zellen vor sich gegangen, wobei die der Schnittlinie zugekehrte schmale Querwand der ersten intacten Zellen eine starke Hervorwölbung erfährt, so dass sie gegen die Verletzung hin convex erscheint. Bemerkenswerth ist die Anordnung der Chromatophoren: dieselben zeigen nicht allein an der der Wunde zugekehrten gewölbten Querwand, wo auch der Zellkern liegt, eine starke Ansammlung, sondern auch am entgegengesetzten Ende der Zelle, während in ihrem mittleren Theile eine ganz lockere Anordnung derselben bemerkbar ist. Bereits nach 40 Stunden wurde an dem der Verletzung zugekehrten Ende der Zelle eine neue Zellmembran angelegt. Ob später eine Rückwanderung des Zellkernes und der Chromatophoren stattfindet, kann ich nicht angeben, da die verletzten Thalluszweige trotz sorfältiger Behandlung regelmässig zu Grunde gingen.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Sphacellaria plumula Zanard.

Der Zellkern ist in den obersten 3—4 Zellen der Thallussprosse auch ohne Anwendung künstlicher Mittel leicht zu erkennen: er liegt in der etwas in die Länge gestreckten Zelle central, an Plasmafäden gleichsam aufgehängt. Bei Anwendung von Chloralhydrat (5:3) tritt er in kurzer Zeit sammt den Plasmafäden sehr scharf hervor. Die Spitzen der Thalluszweige wurden vorsichtig unter Meerwasser abgeschnitten: nach zwei Stunden Umlagerung der Chromatophoren der ersten intacten Zellen nur an der der Schnittlinie zugekehrten Membran; der Zellkern hat noch seine normale Lage; nach 24 Stunden totale Umlagerung von Zellkern und Chromatophoren in den an die Wunde grenzenden intacten Zellen; der ganze Zellinhalt liegt an der der Schnittlinie zugekehrten Membran; in der zweiten Zellreihe war noch keine Veränderung wahrzunehmen.

Ähnlich sind die Verhältnisse bei *Antithamnion plumula* (Ellis) Thur. und *Ectocarpus lucifugus* Kck., bei der letzten Species vollzog sich die totale Umlagerung in den cubischen, relativ kleinen Zellen nach 14 Stunden; die der Verletzung zugekehrte Membran zeigt eine starke Hervorwölbung (Fig. 6) und wird bald darauf conisch; dieser hervorgewölbte, in die verletzte Zelle hineinragende Theil wird später durch eine Querwand abgegliedert.

III.

Die traumatrope Umlagerung, d. i. die veränderte Lage von Zellkern und Protoplasma in Folge eines Wundreizes, ist im Pflanzenreiche allgemein verbreitet; dieselbe wurde bei mono- und dicotylen Pflanzen beobachtet, und zwar an Blatt-, Stengel- und Wurzelorganen, in den Zellen des Haut- und Grundgewebes, ferner bei einigen höheren Algen. Wird ein aus lebenden Zellen bestehendes Gewebe auf irgend eine Weise verletzt, so findet in den der Wunde angrenzenden Zellen in einer gewissen Zeit eine Wanderung des Protoplasmas und des Zellkernes statt, und zwar genau in der Richtung gegen die Wundfläche hin.

Stellt die Wunde in Beziehung auf die Epidermiszellen eine gerade Linie dar, welche bei langgestreckten Zellen normal

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

zu der Längsaxe der Zellen gerichtet ist, so kann man den Einfluss dieses Reizes in den analogen Veränderungen zu beiden Seiten dieser Schnittwunde sehr schön beobachten. Der Vorgang ist im Allgemeinen folgender: Die die Wunde begrenzenden intacten Zellen, die erste intacte Zellreihe, werden zunächst auf die stattgefundene Verletzung reagiren; das Protoplasma derselben wandert in einer gewissen Zeit gegen die der Wunde zugekehrte Membran hin, später folgt der Zellkern nach und liegt endlich an oder in dieser Plasmaansammlung. Allmälig macht sich in derselben Weise die Reizwirkung in der zweiten intacten Zellreihe bemerkbar und kann endlich bis in die fünfte intacte Zellreihe und sogar noch weiter in abnehmender Stärke beobachtet werden. Von dem in Umlagerung befindlichen Zellkerne gehen gewöhnlich einige Plasmafäden aus (Fig. 5); bei *Tradescantia zebrina* konnte ich sehr oft die Erscheinung beobachten, dass die Zellkerne der gereizten Geweberegion durch je einen Plasmafaden in directer Verbindung mit einander standen (Fig. 2).

Die Entfernung, bis auf welche noch eine Reaction auf die Reizwirkung stattfindet, ist bei den verschiedenen Pflanzen und Geweben nur sehr wenig verschieden; bei den Epidermiszellen des Stengels von *Calla* sp. = 0·5 *mm*, ebenso bei *Hartwegia comosa* und den Mesophyllzellen von *Hemerocallis fulva* L.; bei den Epidermiszellen der Blattoberseite von *Tradescantia zebrina* (hort.) = 0·625 *mm*; bei *Tradescantia viridis* (hort.), Epidermispellen des Stengels = 0·5—0·7 *mm*. Tangl gibt für die Epidermiszellen der Zwiebelschuppe von *Allium Cepa* eine Distanz von 0·5 *mm* an,[1] was mit den von mir gefundenen Ziffern vollkommen übereinstimmt. Eine Zelle, welche weiter von der Wunde entfernt ist als die oben erwähnten Zahlen angeben, wird also nicht mehr von dem Wundreiz beeinflusst werden.

Interessant ist die Wirkung paralleler Schnitte. Auf der Blattoberseite von *Tradescantia zebrina* wurden zwei parallele Schnitte angebracht, deren Entfernung von einander 4—5 intacte Zellen betrug; Beobachtung nach 24 Stunden: innerhalb

[1] L. c. S. 30.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

der beiden Schnittlinien zeigten in normaler Richtung auf dieselben 2—3 Zellen die Umlagerung nach der einen Seite, die übrigen nach der anderen Seite; seltener war der Fall, dass bei 5 Zellen zwischen den beiden Linien die mittlere Zelle den Zellkern und das Plasma in normaler Lage zeigte. In derselben Weise wurden zwei parallele Schnittwunden angebracht, zwischen welchen durchschnittlich je 9 intacte Epidermiszellen lagen; die Beobachtung nach 24 Stunden ergab folgendes Resultat: Umlagerung jederseits von den Schnittlinien auf 2—3, bisweilen auch auf 4 Zellen sich erstreckend, in der Mitte der Entfernung von beiden Wunden zeigten 1—2 Zellen keine Veränderung: sie lagen bereits in der indifferenten Zone.

Der Beginn der Umlagerung, d. h. die Wanderung des Protoplasmas tritt wahrscheinlich gleich nach der Verwundung ein und ist in vielen Fällen bereits nach 6 Stunden, bei der Alge *Sphacellaria plumula* Zanard. sogar schon nach zwei Stunden deutlich erkennbar; bei *Tradescantia zebrina* (Epidermis des Blattes) war nach 8 Stunden bereits eine vollständige Umlagerung von Kern und Protoplasma in der ersten intacten Zellreihe eingetreten, in der zweiten Reihe begann eben die Veränderung. Nach durchschnittlich 48 Stunden ist in den meisten Fällen das Maximum der Reizwirkung erreicht, worauf sich die oben angegebenen Zahlen bezüglich der Distanz der Reizwirkung beziehen. Darauf tritt ein Stillstand ein. (Es sei hier bemerkt, dass alle diese Angaben sich auf in der Flächenansicht polygonale oder langgestreckte Zellen beziehen; in letzterem Falle war der Schnitt stets normal zur Längsaxe der Zellen. Auch in der Richtung der Queraxe dieser Zellen findet bei entsprechender Wundlinie Umlagerung statt; doch ist der Verlauf derselben wegen der meist sehr geringen Entferung der beiden Längswände von einander nicht gut zu verfolgen.) Hierauf beginnt die Rückwanderung in die normale Lage, indem zuerst die Zellkerne der von der Wunde entfernter liegenden gereizten Zellen ihre frühere Stellung einnehmen, hierauf das Protoplasma. Nach 5—6 Tagen war bei *Fritillaria imperialis* L., *Funkia* sp. (Blattunterseite) und einigen anderen Pflanzen der normale Zustand wieder

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

hergestellt. In anderen Fällen jedoch wurde die Beobachtung gemacht, dass in der ersten, bisweilen auch in der zweiten intacten Zellreihe die Umlagerung ganz oder wenigstens in einem Theile der Zellen, soweit die Beobachtung reicht, bleibend ist. So war bei *Tradescantia zebrina* (Blattoberseite) in der ersten intacten Zellreihe nach 17 Tagen theilweise noch vollständige Umlagerung zu bemerken, ohne dass die betreffenden Zellen etwa abgestorben waren; ebenso scheint sie bei *Calla* sp. (Epidermis des Blattstieles) in der ersten und zweiten Zellreihe bleibend zu sein. Bei *Tradescantia viridis* (hort.) war die Umlagerung nach 6 Tagen noch bis in die dritte Zellreihe zu constatiren; nach 8—10 Tagen waren auch noch einige Zellen der ersten Reihe mit totaler Umlagerung vorhanden.

Es verdient hervorgehoben zu werden, dass in den Schliesszellen der Spaltöffnungen niemals Umlagerung beobachtet wurde, auch dann nicht, wenn dieselben unmittelbar an der Wunde lagen (Fig. 5), und zwar so, dass die Längsaxe der Spaltöffnung normal zur Wundlinie stand. In einer hinter den Schliesszellen liegenden Zelle ist aber die Umlagerung dadurch durchaus nicht gehindert, wie man aus der Figur deutlich erkennen kann. Da, wie bereits erwähnt wurde, zwischen den Schliesszellen der Spaltöffnungen und den angrenzenden Epidermiszellen Plasmaverbindungen nachgewiesen wurden, so ist jene Erscheinung ein Beispiel dafür, dass man aus dem Nichteintreten der Umlagerung nicht auf das Fehlen einer plasmatischen Verbindung schliessen darf.

Tangl[1] gibt für *Allium Cepa* an, dass die traumatropen Umlagerungen im Protoplasma und der Kerne eine entschiedene Förderung erfahren, falls diese in einer mit dem Zuge der Schwerkraft gleichsinnigen Richtung erfolgen. Bei den von mir diesbezüglich untersuchten Pflanzen konnte ich diesen Einfluss nicht erkennen. Es wurde normal zur Epidermisoberseite des Blattes einer intacten Pflanze von *Tradescantia zebrina* eine Schnittwunde angebracht und das Blatt vertical so befestigt, dass die Schnittlinie in horizontaler Lage sich befand: nach 24 Stunden war die Umlagerung in gleichmässiger Weise zu beiden Seiten

[1] L. c. p. 32.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

der Schnittlinie bis in die dritte Zellreihe zu beobachten. Auch in den langgestreckten Epidermiszellen der Stengel anderer untersuchten Pflanzen konnte ein merklicher Einfluss der Schwerkraft auf jene Bewegung nicht erkannt werden. Dagegen scheint es nach den mehrfach durchgeführten Untersuchungen, dass im Lichte die Umlagerung energischer vor sich geht als in vollständiger Dunkelheit (vide p. 717 !). Bezüglich des Einflusses der Temperatur kann ich nach den bisherigen Beobachtungen nicht mit Sicherheit angeben, ob dadurch eine Beschleunigung beziehungsweise eine Verlangsamung jener Erscheinung stattfindet.

In einigen Fällen wurde die Beobachtung gemacht, dass der in traumatroper Umlagerung befindliche Zellkern mehr weniger bedeutend grösser war als der in normaler Lage, also in den durch die Wunde nicht beeinflussten Zellen (Fig. 4). Bei *Tradescantia zebrina* (Epidermis des Blattes) hatte ein Zellkern in der ersten intacten Zellreihe 4 Tage nach Anbringung der Verletzung einen Durchmesser von 24·6 μ, während die normalen Zellkerne nur einen Durchmesser von 10 μ besitzen: der Zellkern in der Umlagerung übertraf somit den normalen Kern ungefähr 15mal an Voluminhalt. Die allmälige Abnahme der Grösse der Kerne von der Wunde an bis in die vierte und fünfte intacte Zellreihe wurde besonders auffallend bei den Epidermiszellen des Stengels von *Tradescantia viridis* (hort.) beobachtet. Da in späteren Stadien der Umlagerung derartige Grössendifferenzen nicht mehr wahrgenommen wurden, so scheinen dieselben nach der Rückwanderung des Zellkernes wieder zu verschwinden. Eine nähere Erklärung dieser Erscheinung ist vorläufig nicht anzugeben; so viel aber scheint mir sicher zu sein, dass in Folge der localen Wunde in den angrenzenden Zellen derselben für eine gewisse Zeit abnormale Verhältnisse bestehen, welche jene auffällige Veränderung hervorrufen; so mögen vor allen die Ernährungsverhältnisse der durch die Wunde beeinflussten Zellen ganz andere sein als die normaler Zellen.[1]

[1] Vergl. F. G. Kohl, Zur Physiologie des Zellkernes. Bot. Centr., Bd. LXXII, N. 5, S. 168 ff.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

In zwei Fällen, nämlich bei *Tradescantia zebrina* (hort.) und *Calla* sp., wurden die in Folge der Verwundung allmälig auftretenden Veränderungen bis zur Bildung neuer Zellwände zum Zwecke des Wundverschlusses verfolgt. In Fig. 3 sind jene Verhältnisse dargestellt, wie dieselben 17 Tage nach der Verletzung eines Blattes von *Tradescantia* beobachtet wurden. (Von der Darstellung des Protoplasmas musste Abstand genommen werden, da dasselbe nicht scharf genug sichtbar war.) Man sieht, dass der Zellkern mit wenigen Ausnahmen sich in traumatroper Umlagerung befindet. Neue Scheidewände, welche je ein kleineres, gegen die Wunde zu liegendes Stück der Mutterzelle abschneiden, sind in der Mehrzahl der Zellen sichtbar; auch diesen neuen Membranen liegt der Zellkern innig an (Zelle *a*).

Wie diese Lagerung entstanden ist, bleibt unbestimmt; es scheint, dass nach der Theilung des in traumatroper Umlagerung sich befindlichen Zellkernes der eine Tochterkern etwas zurücktrat, und dass dann unmittelbar vor ihm in Beziehung auf die Wundstelle die neue Scheidewand sich bildete. Anderseits konnte ich bei Untersuchung früherer Stadien der Umlagerung bemerken, dass beide durch Theilung entstandene Zellkerne an je einer Seite der neuen Membran lagen, und zwar entweder genau oder schief einander gegenüber. In zwei Zellen (Fig. 3, *b*) hat sich der eine Tochterkern abermals getheilt, ohne dass eine neue Membran sichtbar ist. Die traumatrope Umlagerung von Zellkern und Plasma scheint hier bei der Neuzellbildung zum Zwecke des Wundverschlusses insofern von Bedeutung und Einfluss zu sein, als die der Wunde zugekehrte Tochterzelle (Fig. 3, Zelle *a*, *v*), welche später eine Wundkorkzelle wird, bedeutend kleiner ist als die rückwärtige Tochterzelle *(r)*; diese wird sich bald abermals in analoger Weise theilen. So entstehen kleine, mehr weniger flache Korkzellen, welche endlich einen vollständigen widerstandsfähigen Verschluss darstellen.

Schliesslich ist noch folgende Frage einer Erörterung zu unterziehen: Ist die in Folge einer Verwundung vor sich gehende Bewegung des Zellkernes und des Zellplasmas activ oder passiv?

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Das Protoplasma ist in lebenden, nicht im Ruhezustand befindlichen Zellen in beständiger Bewegung. Diese Bewegung geht bekanntlich in einigen Fällen so rapid vor sich, dass sie direct beobachtet werden kann; gewöhnlich ist diese Ortsveränderung eine langsame, nicht sofort wahrnehmbare, aber sie ist bestimmt vorhanden. Was die Triebkraft dieser Bewegung ist, ist bisher nicht ermittelt worden; nur die fördernden oder retardirenden Einflüsse kennen wir und wissen, dass mit dem Tode des Protoplasten auch sein Bewegungsvermögen aufhört. Auch der Zellkern ändert beständig mehr weniger seine Lage im Raume der Zelle, wie bereits aus den Untersuchungen Hanstein's[1] hervorgeht. Hanstein zweifelt daran, dass der Zellkern durch das in Bewegung befindliche Protoplasma mitgerissen werde, weil einmal die Masse des Zellkernes im Verhältnisse zum Protoplasma eine viel zu grosse sei, anderseits könne man bemerken, dass die verschiedenartigen Strömungen des Protoplasmas an dem Kerne vorbeigehen; daher ist Hanstein geneigt, dem Kerne eine Eigenbewegung zuzuschreiben.

Da es erwiesen ist, dass die Protoplasten benachbarter Zellen durch feine Plasmafäden mit einander in Verbindung stehen, durch welche gewisse Reize fortgepflanzt, vielleicht auch Nährstoffe von einer Zelle zu der anderen übertragen werden können,[2] so ist leicht einzusehen, dass eine Störung dieses Zusammenhanges durch Verletzung einer Zelle eine Änderung in den normalen Verhältnissen der lebenden Substanz der benachbarten intacten Zellen hervorrufen wird. Diese Veränderung, welche sich in der traumatropen Umlagerung äussert, ist — soweit die Beobachtungen reichen — entweder vorübergehend oder dauernd, ohne dass das Leben der betreffenden Zellen dabei gefährdet wird.

Es fragt sich nun, ob die so zum Ausdrucke kommende Bewegung von Zellkern und Protoplasma eine rein passive

---

[1] Hanstein, Einige Züge aus der Biologie des Protoplasmas. (Botanische Abhandlungen 1882. 4. Bd.)

[2] Pfeffer, Über den Einfluss des Zellkernes auf die Bildung der Zellhaut. (Aus den Berichten der math.-phys. Cl. der königl. sächs. Ges. der Wiss. zu Leipzig, 1896.)

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

oder eine in Folge des bewirkten Reizes veranlasste Eigenbewegung ist.

Wird eine Wand einer lebenden, im Verbande mit anderen stehenden Zelle verletzt, so wird dadurch in den Gleichgewichtsverhältnissen der benachbarten Zellen eine Störung hervorgerufen, welche ohne Weiteres begreiflich erscheint. Durch die Aufhebung des osmotischen Druckes einer Zelle werden die der Wunde angrenzenden Zellwände gegen die verletzte Stelle hin mehr weniger hervorgewölbt (Fig. 2 u. Fig. 7); an dieser Hervorwölbung, welche bisweilen in abnehmender Stärke noch in der zweiten und dritten zur ersteren parallelen Zellwand bemerkbar ist, befindet sich nach stattgehabter Umlagerung Zellkern und Protoplasma, während aus der verletzten Zelle der Inhalt wenigstens zum Theil herausgetreten ist. Man könnte nun annehmen, dass die durch ein derartiges Herausfliessen bewirkte Strömung auch die benachbarten intacten Zellen beeinflusse, so dass die Bewegung ihres Protoplasmas eine bestimmte Richtung erhält und durch die sehr feinen Poren ihrer Membranen wenigstens ein Theil desselben herausströmt, während ein anderer, vielleicht dichterer Theil desselben an der Membran sich ansammelt. Es scheint mir diese Erklärung aus manchen Gründen nicht wahrscheinlich. Wohl tritt ein Theil des Inhaltes der verletzten Zelle heraus, ein grosser Theil desselben bleibt jedoch in derselben liegen; häufig sieht man in dieser todten Zelle auch noch den Zellkern in jener Stellung, die er bei der Vernichtung der Zelle innehatte. Ferner ist auf folgende Erscheinung hinzuweisen, die aus der Fig. 5 ersichtlich ist: In der Nähe der Schnittlinie *(ss)* liegt eine Spaltöffnung, deren Längsaxe normal zur Schnittlinie gerichtet ist; während in den Schliesszellen dieser Spaltöffnung keine Spur einer Umlagerung wahrgenommen werden kann, sieht man in der an diese anstossenden langgestreckten Zelle eine auffallende Veränderung: das Protoplasma liegt innig der der Wunde zugekehrten Querwand an; theilweise in demselben befindet sich der grosse Zellkern, von dem einige Plasmafäden zu den Membranen der Zelle ausgehen. Falls nun diese Umlagerung eine mechanische Folge des Ausfliessens des Protoplasmas aus der durchschnittenen Zelle *(z)* wäre, so ist nicht einzusehen,

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

warum die beiden Schliesszellen, die doch zunächst durch die Verwundung beeinflusst sind, keine Spur einer Umlagerung aufweisen, obwohl auch die Schliesszellen der Spaltöffnungen mit den benachbarten Zellen durch Plasmafäden in Verbindung stehen; dagegen zeigt die hinter jener Spaltöffnung liegende Zelle jene Veränderung in den Lagerungsverhältnissen ihres Inhaltes in ausgesprochenem Maasse.

Bei den Brandwunden, wie sie öfters mit Hilfe einer biconvexen Linse hergestellt wurden, bleiben die Wände der getödteten Zellen vollkommen intact, es ist also hier ein Herausfliessen des Plasmas vollkommen ausgeschlossen; dessenungeachtet äussert sich die Reizwirkung durch traumatrope Umlagerung in den an die Brandwunde anschliessenden, lebenden Zellen in ausgezeichneter Weise, und zwar genau in radialer Richtung in Beziehung auf die kreisrunde todte Stelle der Epidermiszellen.

Bisweilen wurde der Fall beobachtet, dass eine Zelle, welche unmittelbar die Wunde begrenzte, aus irgend einem Grunde bereits früher abgestorben war; der deutlich sichtbare Zellkern blieb in der Mitte der Zelle liegen, zeigte also keine Ortsveränderung in Folge der Verwundung der Nachbarzellen.

Aus den angeführten Gründen scheint mir die traumatrope Umlagerung von Zellkern und Protoplasma nicht auf mechanische Weise erklärbar, sondern eine eigenthümliche, vorläufig nicht näher definirbare Reizbewegung zu sein, welche an den lebenden Protoplasten gebunden ist.

IV.

Zusammenfassung.

Die durch eine Verwundung hervorgerufene bestimmte Orientirung von Zellkern und Protoplasma ist eine im Pflanzenreiche sehr verbreitete, wahrscheinlich sogar allgemeine Erscheinung.

Sie wurde bei Monocotylen, Dicotylen und Algen beobachtet und kommt in analoger Weise bei Blatt-, Stengel- und Wurzelorganen vor.

Die Orientirung äussert sich darin, dass in wenigen Stunden nach der Verwundung Zellkern und Protoplasma

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

sich jener Zellenmembran nähern oder ganz an dieselbe anlegen, welche der Wundfläche zugekehrt ist.

Das Maximum der Reizwirkung wurde in den meisten Fällen bereits nach 2—3 Tagen beobachtet. Weniger Bestimmtes lässt sich über die Rückwanderung von Zellkern und Protoplasma in die normale Lage sagen; in einigen Fällen wurde dieselbe nach 5—6 Tagen beobachtet, in anderen Fällen scheint sie wenigstens in den unmittelbar die Wunde begrenzenden intacten Zellreihen bleibend zu sein.

Diese Umlagerung, welche nach Tangl als traumatrope bezeichnet wird, ist auf mechanische Weise nicht zu erklären, sondern scheint eine eigenthümliche, nicht näher definirbare Reizbewegung zu sein, welche an den lebenden Protoplasten gebunden ist.

Die Reizwirkung erstreckt sich mit abnehmender Stärke auf eine Entfernung von 0·5—0·7 *mm* von der Wunde an gerechnet.

Die traumatrope Umlagerung findet in gleicher Weise in Luft wie in Wasser statt; sie wird durch Licht, vielleicht auch durch Temperatur beeinflusst; eine Einwirkung der Schwerkraft auf dieselbe konnte bei den untersuchten Objecten nicht erkannt werden.

In den Schliesszellen der Spaltöffnungen wurde diese Umlagerung niemals beobachtet.

Auffallend ist die in einigen Fällen constatirte Einwirkung des Wundreizes auf den Kern der die Wunde begrenzenden Zellen: derselbe schwillt oft zu bedeutender Grösse an.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Erklärung der Zeichnungen.

Fig. 1. Epidermiszellen des Stengels von *Tradescantia viridis* (hort.), 6 Tage nach Anbringung der Schnittwunde *(ss)*. V. 200.

Fig. 2. Epidermiszellen der Blattoberseite von *Tradescantia zebrina* (hort.), 24 Stunden nach Anbringung der Wunde; $m_1 m_2 m_3$ = die gegen die Wunde *(ss)* hervorgewölbten Seitenwände der Zellen $z_1 z_2 z_3$; die Zellkerne stehen durch je einen Plasmafaden mit einander in Verbindung. V. 150.

Fig. 3. Epidermiszellen der Blattoberseite von *Tradescantia zebrina* (hort.), 17 Tage nach Anbringung einer Stichwunde *(s)*. Das Nähere im Texte. V. 150.

Fig. 4. Epidermiszellen der Oberseite von *Tradescantia zebrina* (hort.), *ss* = Wundgrenze. V. 300.

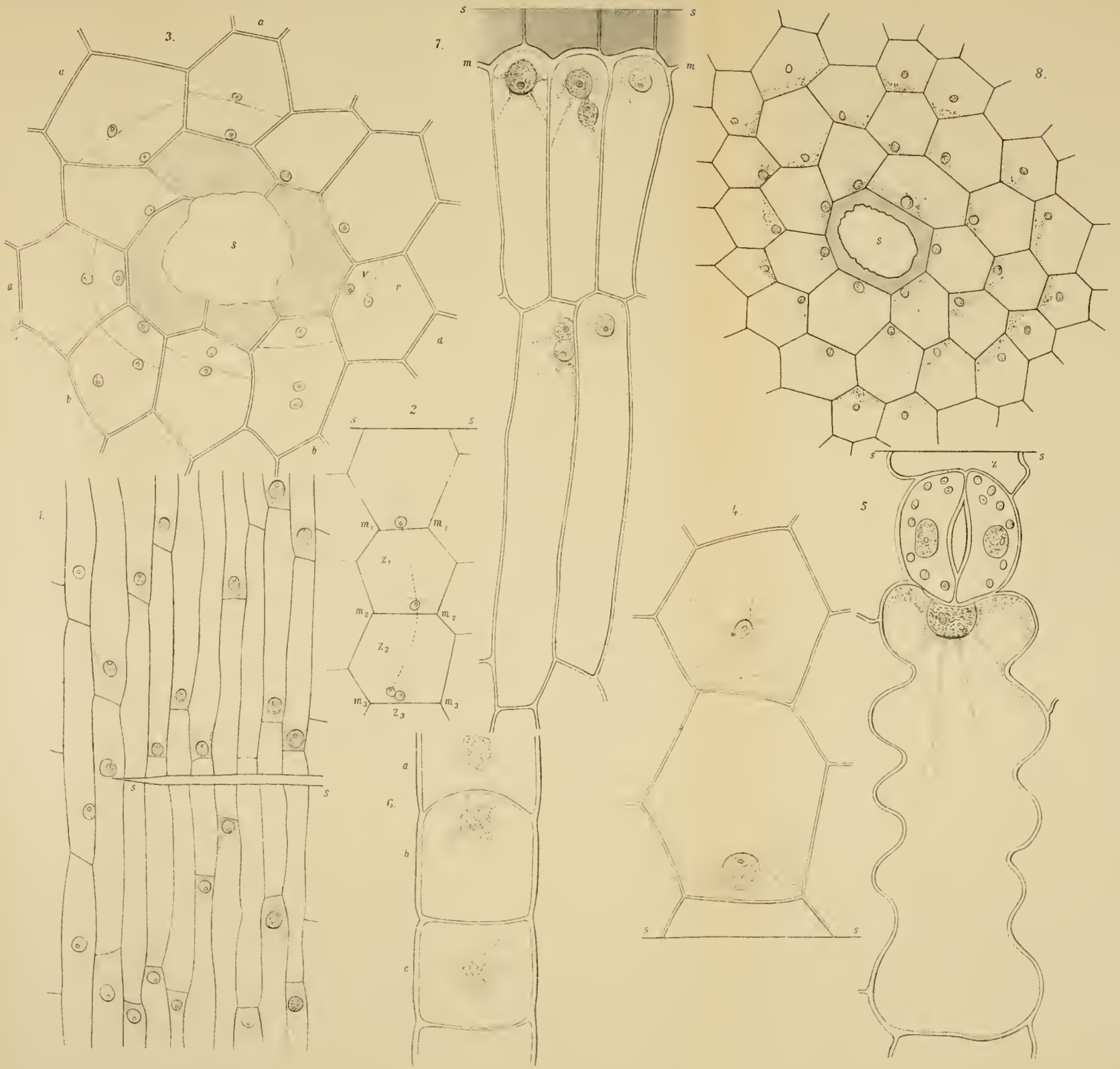
Fig. 5. Epidermiszellen der Blattunterseite von *Lilium Martagon* L.; Zellkern und Protoplasma in vollständiger Umlagerung; vor dieser Zelle unmittelbar an der Schnittwunde *(ss)* eine Spaltöffnung.

Fig. 6. *Ectocarpus lucifugus* Kck. Umlagerung in der Zelle *b*, 14 Stunden nach dem Abschneiden des Zellfadens; bei *a* die verletzte Zelle; *c* noch in normaler Verfassung.

Fig, 7. Epidermiszellen des Blattstiels von *Calla* sp., 5 Tage nach der Verwundung: in der 1. und 2. Reihe Kerntheilungen; *ss* = Schnittlinie; die der Schnittlinie zunächst liegende Membran *(m)* nach aussen gewölbt und verdickt.

Fig. 8. Stichwunde *(s)* in der Epidermis der Blattoberseite von *Tradescantia zebrina* (hort.), nach 18 Stunden.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum



Autor del

Lith Anst v Th Bannwarth Wien